

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 59168403
PUBLICATION DATE : 22-09-84

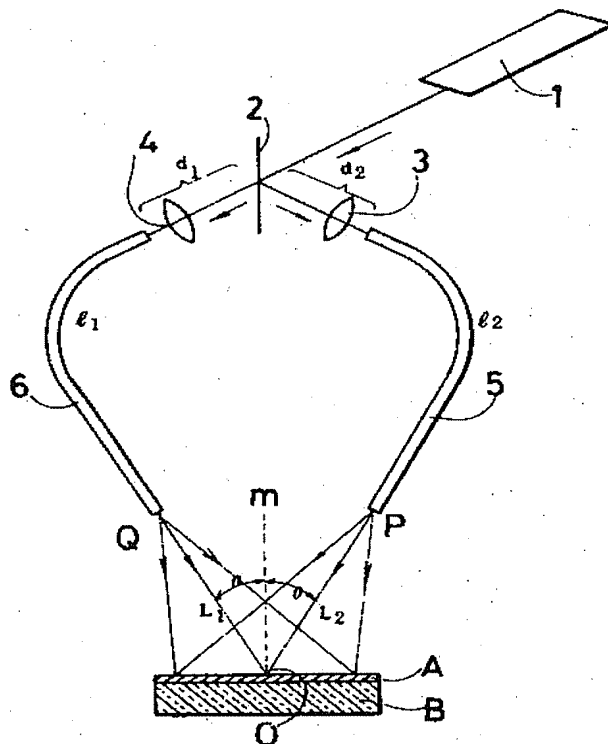
APPLICATION DATE : 15-03-83
APPLICATION NUMBER : 58043826

APPLICANT : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD;

INVENTOR : OKAMOTO KENJI;

INT.CL. : G02B 5/18 G02B 5/14

TITLE : EXPOSING DEVICE



ABSTRACT : **PURPOSE:** To reduce the size of an optical system on the whole by splitting laser light into two pieces of luminous flux through an exposing device for manufacturing a diffraction grating, and irradiating a photosensitive material with them from the opposite sides and exposing the material with interference fringes.

CONSTITUTION: A laser light source 1 uses, for example, an He-Cd laser with coherence, and the laser light is split by a half-mirror 2 into two pieces of luminous flux. Those two split pieces of luminous flux are converged by condenser lenses 3 and 4 to strike end surfaces of single-mode optical fibers 5 and 6, and the pieces of luminous flux are curved and projected from the other-side ends of the optical fibers 5 and 6. Then, the projection lights from the single-mode optical fibers 5 and 6 are made incident to the surface formed of a substrate B and the photosensitive material A at different angles of incidence. Projection-side end points P and Q of the optical fibers 5 and 6 are narrow, so the laser light is emitted into the air as a spherical surface wave to form interference fringes consisting of a group of equal-interval parallel straight lines on the photosensitive material A.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—168403

⑮ Int. Cl.³
G 02 B 5/18
5/14

識別記号

庁内整理番号
7529—2H
A 7370—2H

⑬ 公開 昭和59年(1984)9月22日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ 露光装置

号住友電気工業株式会社大阪製
作所内

⑯ 特 願 昭58—43826

⑰ 出 願 人 住友電気工業株式会社

⑱ 出 願 昭58(1983)3月15日

大阪市東区北浜5丁目15番地

⑲ 発 明 者 岡本賢司

⑳ 代 理 人 弁理士 川瀬茂樹

大阪市此花区島屋1丁目1番3

明 細 書

1. 発明の名称

露 光 装 置

2. 特許請求の範囲

- (1) 可干渉性を有するレーザ光源と、レーザ光を2光束に分離するハーフミラーと、前記2光束を集光する2の集光レンズと、集光レンズからの光束を導き感光性材料に対し互に異なる入射角をなすよう照射させ該感光性材料の上に球面波状の干渉縞を露光する2本のシングルモード光ファイバとよりなる事の特徴とする露光装置。
- (2) レーザ光源が He—Cd レーザである特許請求の範囲第(1)項記載の露光装置。
- (3) レーザ光源が Ar レーザである特許請求の範囲第(1)項記載の露光装置。
- (4) シングルモード光ファイバは石英系ファイバである特許請求の範囲第(1)項記載の露光装置。

3. 発明の詳細な説明

(イ) 要 約

回折格子を作製するための露光装置で、レーザ光を2光束に分けて、これを互に反対側から感光性材料に照射して干渉縞を露光する。分離した2光束はシングルモード光ファイバを通過させ、光ファイバの端点から球面波として出射する。干渉縞は平行な直線ではなく、球面波による干渉縞となる。しかし、光ファイバ出射端と感光面が十分離れていれば、干渉縞はほぼ平行な直線群となる。

(ロ) 技 術 分 野

光通信の分野に於て、回折格子は重要な構成要素である。波長選択性の良いことから、反射型として、波長分波、合波素子に用いられる。また、光導波路に装荷させた素子として、フィルタ、分布型選型レーザ等、重要な素子を構成できる。

光集積回路の一構成要素としての、導波路上の回折格子を例にとつて考える。この場合、回折格子の周期は、導波路中を伝搬する光の波長よりなお小さいのが普通である。

このため、回折格子を作製するには、非常に微細で、かつ高精度の加工技術が要求される。このように微細な回折格子を機械的方法で作るのは難しい。

そこで、第4図に示すような二光束干渉露光法が用いられる。これは、レーザ光を2光束に分け、これを平面波として、2方向から感光性材料に入射し、平行直線群の干渉縞を露光するものである。

第4図に於て、レーザ光源11から出た可干渉光は、ミラー12で反射され、ハーフミラー13で2本の光束に分けられる。この光束は、ビームエキスパンダ14、15で拡大され、直径の大きい平面波となる。平面波となつた二光束は、ミラー16、17で反射されて、基板Bの上に塗布された感光性材料A（例えばフォトレジスト）に互に反対側の斜方向から入射する。基板Bに立てた法線を m とし、二光束は法線 m に対し、入射角 θ 、 $-\theta$ をなすようにすることが多い。

二光束は平面波であるから、その光軸と法線 m とが同一平面上にあるようにすれば、二光束が感

一などを組合せているから、機械的振動の影響を受けやすい。機械的振動の振幅が僅かであつても、作製すべき回折格子の周期が小さいのであるから、干渉縞の形成に悪影響を及ぼす。

さらに、露光装置の全体が大きなスペースを必要とする、という欠点がある。

ミラー、レンズ等の光学部品を定盤の上に固定したもので露光装置を構成していたからである。定盤は重く、大きいものであるから、露光装置は大がかりなものになる。干渉縞周期は、入射角を θ 、レーザ波長を λ として、 $\lambda/2\sin\theta$ で与えられる。特に干渉縞周期を大きくするため、 θ を小さくしたい場合があるが、 θ を小さくするためにはミラーから基板Bまでの距離が極めて長くなる。このような理由で、露光装置を小型にすることができない。

(四) 球面波の干渉縞パターン

本発明者は、従来の二光束干渉露光法が、ミラーやレンズを多用するところにその弱点がある事に気付いた。

感光性材料Aの上に作る干渉縞は、等間隔の平行直線群になる。

このような配置で露光した後、感光性材料を適当に処理すれば、感光性材料又は基板によつて形成される回折格子を得ることができる。

このような二光束干渉露光法は、レーザ光の波長のオーダーの間隔の回折格子を作ることができるし、周期性も良い。

しかし、なお欠点もある。

(イ) 従来の二光束干渉露光法の欠点

このような二光束干渉露光法の欠点は、まず干渉縞パターンが乱れやすい、という事である。

コリメート光学系14、15に、ミラー16、17を用いるから、レンズやミラーにホコリ、汚れが付着し、或は傷がつくこともある。このようなホコリ、傷は露光面にスペckルパターンを生ずる原因となる。

光の伝搬媒質として空気を用いているが、空気の密度変化による屈折率のゆらぎなどが、干渉縞パターンに影響を生ずる。さらに、レンズ、ミラ

そこで、本発明者は、ミラーやレンズよりなる光学系を、シングルモード光ファイバで置換える事を考えた。

コリメート光学系で2光束を平行光に拡大して（平面波）干渉させると、干渉縞は平行直線群になる。

光ファイバだけを用いる場合、平面波を作ることができないので、球面波となる。光ファイバの出射端からの球面二光束を干渉させると、どのような干渉縞が平面上に生ずるのか？まず、この点について述べる。

第2図は球面波の干渉を考察するための構成図である。

2つの点光源P、Qから球面波が出るものとする。yz平面の干渉縞について考察する。x軸が法線である。

点P、Qと原点Oの距離を θ_a 、 θ_b とする。 $\angle POX = \theta_a$ 、 $\angle QOX = \theta_b$ とする。

干渉縞は、光源P、Qからの距離の差が一定である軌跡に沿つて生ずる。

2点からの距離の差が一定である図形は、回転双曲面である。つまり、P、Qを焦点とする双曲線を、直線PQのまわりに回転してできる図形である。

直線PQと垂直したyz平面上に生ずる干渉縞は、前記の回転双曲面とyz平面の交線として与えられる。これは双曲線に似ているが、双曲線ではない。

さて、問題はyz平面での、直線PQの方向への干渉縞の間隔のパラつきである。

つまり、第2図に於て、z軸方向への干渉縞間隔が問題である。

球面波を干渉させた場合の干渉縞パターンの周期については、Suzuki A., K.Tada "Fabrication of Chirped Grating on GaAs Optical Waveguides," Thin Solid Films, vol.72, No.3, p419 に詳しく説明されている。

z軸上の干渉縞周期 $\Lambda(z)$ は、z軸上の点Rを考え、PRとRQの差 Δ に屈折率nを乗じ、これをzで微分したもので λ_0 を除すれば求めることができる。

縦軸は

$$\frac{\Lambda(L/2) - \Lambda(0)}{\Lambda(0)} \quad \dots \dots (3)$$

の値である。

GaAs分布帰還レーザ用グレーティングを想定し、 $\Lambda(0) = 0.345 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_0 = 0.325 \mu\text{m}$ 、 $n = 1$ 、 $\theta_a = \theta_b = 28.1^\circ$ として、定数を決定した。

グラフは、下から順に、 $L = 0.4 \mu\text{m}$ 、 $1.0 \mu\text{m}$ 、 $2.0 \mu\text{m}$ のものを示す。 $L/2$ は回折格子を作るべき領域の端部までの原点からの長さである。従つて回折格子の長さかLであると考えてよい。

光集積回路などの中には回折格子を作るのであるから、回折格子の長さLは小さい。そして、ファイバ端部に該当する点P、Qから格子端までの距離 ℓ_a が大きければ、格子周期 $\Lambda(z)$ のずれは 10^{-5} 以下に抑えられる。これは格子周期の値に換算すると、 10^{-2} \AA のオーダーである。殆ど問題にならない。

つまり、第2図に於て、z軸方向にはほぼ等間隔な平行直線群が、干渉縞として生ずる、とみなす

きる。

つまり $\Lambda(z) = \frac{\lambda_0}{n} \frac{dz}{dL} \quad \dots \dots (1)$
である。これを計算すると、干渉縞周期は

$$\Lambda(z) = \frac{\lambda_0}{n} \left\{ \frac{\ell_a \sin \theta_a + z}{(\ell_a^2 + 2z\ell_a \sin \theta_a + z^2)^{1/2}} + \frac{\ell_b \sin \theta_b - z}{(\ell_b^2 - 2z\ell_b \sin \theta_b + z^2)^{1/2}} \right\}^{-1} \quad \dots \dots (2)$$

となる。

z軸上で、原点($z = 0$)に於て $\Lambda(z)$ は最小である。原点より離れるに従つて、干渉縞周期 $\Lambda(z)$ は僅かずつ増加する。

$\Lambda(z)$ は一定ではなく、 $z = 0$ を最小とする下に凸な函数である。しかし、zの値が小さい限り、 $\Lambda(0)$ からのズレは小さい。

第3図は $z = L/2$ の点での $\Lambda(z)$ の値が、原点での値 $\Lambda(0)$ よりどれほど大きいかを示すグラフである。 $\ell_a = \ell_b$ 、 $\theta_a = \theta_b$ という条件で、縦軸を差 Δ としている。つまり、yz平面の中心Oと点光源との距離である。これは $0 \sim 800 \mu\text{m}$ について示した。

ことができる。

球面波の干渉縞であるが、 ℓ_a が大きく、Lが小さいので、平面波の干渉縞とはほぼ同じものになるのである。

(4) 本発明の露光装置

本発明の露光装置は、球面波の干渉を利用する。

第1図は本発明の露光装置の光学系構成図である。

レーザ光源1は可干渉性のある光を生ずる。レーザ光源1として、例えば、He-Cdレーザ(波長4416Å)を用いる事ができる。

レーザ光はハーフミラー2によつて、2本の光束に分けられる。分離された2光束は、集光レンズ3、4によつて集光されて、シングルモード光ファイバ5、6の端面に入射する。シングルモード光ファイバ5、6は、適当に彎曲しており、光束を彎曲させて、他方の端面から出射する。

基板B、感光性材料Aのなす面に対して、それぞれのシングルモード光ファイバ5、6の出射光が互に異なる入射角で入射する。この例では、面に

立てた法線 m に関し、2 光束は互に斜反対側から入射し、角 θ 、 $-\theta$ をなすようになつてゐる。しかし、必ずしも、角度の絶対値が等しくなければならないという事はない。

シングルモード光ファイバ 5、6 の出射端端点 P、Q は十分狭いので、レーザ光は球面波として、空間中へ出射される。

平面波ではなく、球面波であるから、2 光束が感光性材料 A の上で作る干渉縞は、等間隔の平行直線群ではない。しかし既に説明したように、点 P、Q と干渉平面との距離が長く、干渉領域の長さか小さい場合、球面波であつても、干渉縞はほぼ平行直線群になる。

従つて、点 P、Q からの球面波レーザ光によつて、感光性材料 A の上に等間隔、平行直線群よりなる干渉縞が露光される。

感光性材料はフォトリソ、サーモプラスチックなど公知のものを使用できる。

露光した後、現像、エッチング、その他の通常の工程により、感光性材料そのものに、或は基板

に回折格子を形成する事ができる。

レーザ光の干渉は、両光束の光路差が、そのレーザ光源のコヒーレント長以下でないと生じない。レーザ光源が He - Cd レーザ (波長 4416 \AA) の場合、コヒーレント長は 2 cm 程度である。

ハーフミラーから光ファイバの入射端までの距離を d_1 、 d_2 、光ファイバの長さを ℓ_1 、 ℓ_2 、ファイバの出射端から基板までの距離を L_1 、 L_2 とする。光路差 $\Delta \ell$ は

$$\Delta \ell = |(d_1 + \ell_1 + L_1) - (d_2 + \ell_2 + L_2)| \quad \dots \dots (4)$$

で与えられる。

$\Delta \ell$ がコヒーレント長以下である、という制限がある。しかし、これは容易に満足させることができる緩い制限である。

レーザ光源は、短波長レーザを用いる必要がある。光ファイバ中での伝送損失を少なくするため、石英系のシングルモード光ファイバを使用するのがよい。

波長 λ のマイナス 4 乗 (λ^{-4}) に比例するレイリ

一散乱により、 $0.4 \mu\text{m}$ 程度の波長の光は散乱されて、伝送損失は $30 \sim 50 \text{ dB/km}$ である。しかし、光ファイバの長さ ℓ_1 、 ℓ_2 は数十 cm 程度であるから、ここでの伝送損失は極めて僅かである。

(ウ) 効 果

シングルモード光ファイバを用いて 2 光束を彎曲させて露光すべき面を照射するようにしている。レンズやミラーを用いていないから、レンズ、ミラーにつくホコリ、汚れによるスペckルパターンが殆ど現われない。また、レンズ、ミラーを固定するための定盤などを要しないから、光学系の全体を小さくすることができる。

空气中を伝搬する部分が小さくなるから、空気の屈折率のゆらぎの影響も受け難くなる。

(エ) 用 途

本発明は、光集積回路の中の回折格子、反射型の回折格子その他を作製するための露光装置として用いる事ができる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の露光装置の光学系構成図。

第 2 図は球面波の干渉を説明するための略図。P、Q は点光源、z 軸は干渉平面の内 P Q の方向にとつた座標、x 軸は干渉平面の法線に平行にとつてある。

第 3 図は球面波の作る干渉縞の周期が、 $z = 0$ と $z = L/2$ の点で、どれほど異なるかを示すグラフ。横軸は点光源と平面の原点 O との距離 ℓ_a 、縦軸は、干渉縞周期の差を $z = 0$ に於ける干渉縞周期で除した $(\Lambda(L/2) - \Lambda(0)) / \Lambda(0)$ の値を示す。L = 0.4 m 、 1.0 m 、 2.0 m の場合を図示した。

第 4 図は従来例に係る二光束干渉露光装置の光学系構成図。

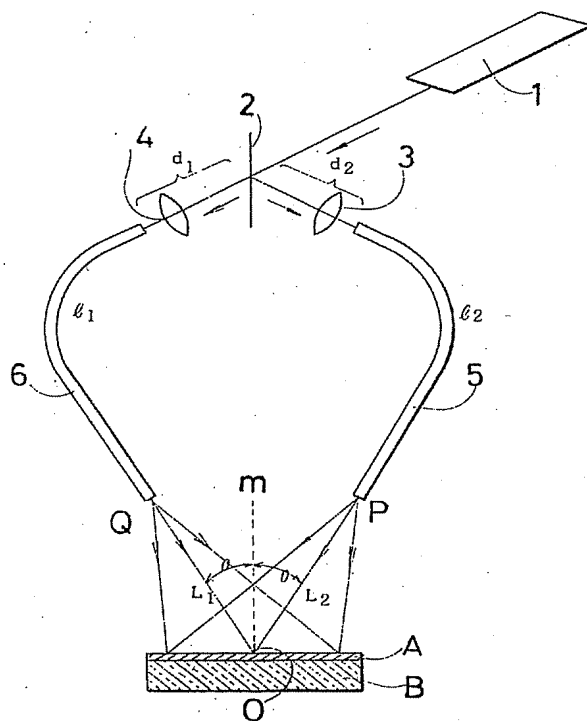
- | | | |
|-----|-----|--------------|
| 1 | ... | レーザ光源 |
| 2 | ... | ハーフミラー |
| 3、4 | ... | 集光レンズ |
| 5、6 | ... | シングルモード光ファイバ |
| A | ... | 感光性材料 |
| B | ... | 基 板 |
| m | ... | 基板に立てた法線 |

θ ... 入 射 角
 d_1 、 d_2 ... ハーフミラーから光ファイバ端
 までの距離
 ℓ_1 、 ℓ_2 ... 光ファイバの長さ
 L_1 、 L_2 ... 光ファイバ端から基板中心
 までの距離

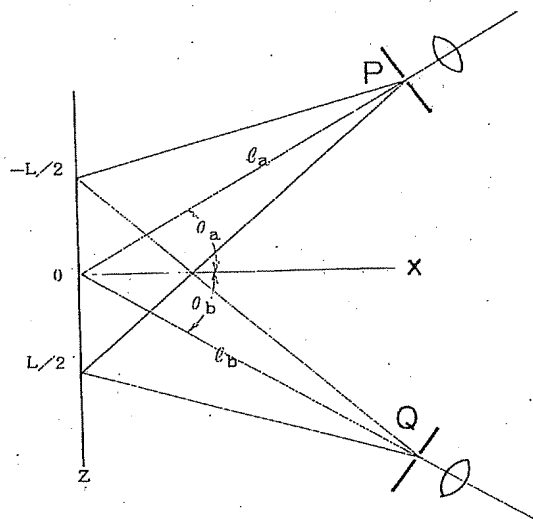
発 明 者 岡 本 賢 司
 特 許 出 願 人 住 友 電 気 工 業 株 式 会 社
 出 願 代 理 人 弁 理 士 川 添 茂



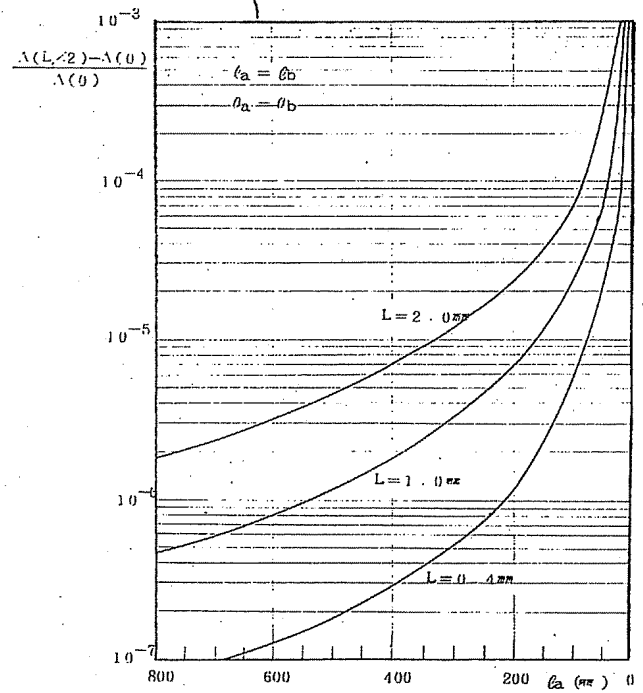
第 1 図



第2図



第3図



第4図

